

#5

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

SUBMISSION OF CERTIFIED COPY OF PRIORITY DOCUMENT

APPLICANTS: Rahn et al.
SERIAL NO.: 09/605,213 GROUP ART UNIT: 3737
FILED: June 28, 2000
TITLE: "MEDICAL WORKSTATION, IMAGING SYSTEM AND METHOD
FOR MIXING TWO IMAGES"

Assistant Commissioner for Patents

Washington, D.C. 20231

S I R:

Applicants herewith submit a certified copy of German Application No. 19929622.7, filed in the German Patent & Trademark Office on June 28, 1999, on which Applicants base their claim for convention priority under 35 U.S.C. § 119.

Submitted by,

Steven H. Noll

(Reg. 28,982)

SCHIFF, HARDIN & WAITE

Patent Department

6600 Sears Tower

233 South Wacker Drive

Chicago, Illinois 60606

Telephone: 312/258-5790

Attorneys for Applicant.

CERTIFICATE OF MAILING

I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service as First Class mail in an envelope addressed to: Assistant Commissioner for Patents, Washington, D.C. 20231 on October 11, 2000.

Steven H. Noll

STEVEN H. NOLL

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen:

199 29 622.7

Anmeldetag:

28. Juni 1999

Anmelder/Inhaber:

Siemens Aktiengesellschaft, München/DE

Bezeichnung:

Medizinisches System mit einem Bildgebungs- und
einem Navigationssystem

IPC:

A 61 B 19/00

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Anmeldung.

München, den 10. Juli 2000
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Agurks

Beschreibung

Medizinisches System mit einem Bildgebungs- und einem Navigationssystem

5

Die Erfindung betrifft ein medizinisches System mit einem Bildgebungssystem zur Gewinnung von Bildern vom Körper eines Patienten, mit einem Navigationssystem zur Bestimmung der Position eines medizinischen Instrumentes relativ zum Körper des Patienten und mit Mitteln zur Einblendung eines Abbildes des Instrumentes in ein mit dem Bildgebungssystem gewonnenes Bild.

Der Einsatz eines derartigen medizinischen Systems ist in klinischen Applikationsfeldern, z. B. der Orthopädie oder der Traumatologie, zur Unterstützung operativer Eingriffe an einem Patienten vorgesehen, insbesondere wenn dem Chirurgen der Blick auf das patientenseitige Ende eines von ihm geführten, in den Körper des Patienten eingedrungenen medizinischen Instrumentes verwehrt ist. Das Navigationssystem dient dabei zur präzisen Bestimmung der Ortskoordinaten, d. h. der Lage und Orientierung des Instrumentes im Raum bzw. an einem Operationssitus, dessen Abbild möglichst exakt in ein mit dem Bildgebungssystem gewonnenes Bild eingeblendet werden soll.

Um die Einblendung des Abbildes des Instrumentes in das mit dem Bildgebungssystem gewonnene Bild mit hoher Genauigkeit durchführen zu können, so daß die im Bild gezeigte Lage und Orientierung des Instrumentes der tatsächlichen Lage und Orientierung des Instrumentes am Operationssitus entspricht, ist es wünschenswert, daß das Bild die tatsächliche Lage und Form eines Körperteils des Patienten bzw. eines Organs im Körper des Patienten zeigt. Da die während der Operation für die Einblendung von Instrumenten vorgesehenen Bilder vom Körper eines Patienten in der Regel aber vor der Operation, beispielsweise mit einem Computertomographen, gewonnen werden, ist die Übereinstimmung zwischen einer im Bild dargestellten Lage und Form eines Körperteils bzw. Organs und der tatsäch-

lichen Lage und Form des Körperteils bzw. Organs bei der Operation die Ausnahme. Die auftretenden Unterschiede sind vor allem dadurch bedingt, daß entweder die Lage des Patienten bei der Operation auf einer Patientenliege nicht genau der Lage des Patienten bei der Bildaufnahme entspricht, oder daß beim Öffnen des Patienten, beispielsweise durch natürliche Bewegungen (z. B. Herzschlag, Atmung, Peristaltik) Deformationen von Körperteilen, Deformationen von Organen oder Veränderungen von Organlagen auftreten. Die während der Operation die realen Verhältnisse wiedergebende Einblendung des Abbildes des Instrumentes in ein vom Körper des Patienten gewonnenes Bild erweist sich daher als problematisch.

Eine Verbesserung der Navigation des Instrumentes ergibt sich, wenn während der Operation 2D-Projektionen vom Operationssitus aufgenommen werden, welche zur Korrektur der präoperativ gewonnenen Bilder herangezogen werden.

Nachteilig bleibt jedoch, daß die Genauigkeit der Einblendung von Abbildern von Instrumenten relativ gering ist, der Chirurg also die genaue Lage des Instrumentes nur erraten kann und somit die Navigation nur eine grobe Orientierung bei operativen Eingriffen darstellt.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein medizinisches System der eingangs genannten Art derart auszubilden, daß die Einblendung des Abbildes eines Instrumentes in ein mit einem Bildgebungssystem gewonnenes Bild mit höherer Genauigkeit der tatsächlichen Lage und Orientierung des Instrumentes relativ zum Körper des Patienten entspricht.

Nach der Erfindung wird diese Aufgabe gelöst durch ein medizinisches System mit einem Bildgebungssystem zur Gewinnung von Bildern vom Körper eines Patienten, mit einem Navigationssystem zur Bestimmung der Position eines medizinischen Instrumentes relativ zum Körper des Patienten und mit Mitteln zur Einblendung eines Abbildes des Instrumentes in ein mit

dem Bildgebungssystem gewonnenes Bild zur Unterstützung operativer Eingriffe, wobei mit dem Bildgebungssystem 3D-Bilder während einer Operation gewonnen werden können, in welche das Abbild des Instrumentes einblendbar ist. Die mit dem Bildgebungssystem während eines operativen Eingriffs vom Körper des Patienten gewonnenen, zur Einblendung von Instrumenten vorgesehenen 3D-Bilder zeigen dabei die tatsächliche Lage und Form eines Körperteils oder Organs, wodurch die Voraussetzungen für eine exakte, der realen Lage und Orientierung des Instrumentes relativ zum Körper des Patienten entsprechenden Einblendung des Abbildes des Instrumentes in eines der gewonnenen 3D-Bilder geschaffen werden. Die exakte Ermittlung der Lage und Orientierung des Instrumentes relativ zum Operationssitus erfolgt mit Hilfe des Navigationssystems und die entsprechende Einblendung des Abbildes des Instrumentes in ein 3D-Bild mit Hilfe der Mittel zur Einblendung, welche in der Praxis beispielsweise einen Bildrechner umfassen. Eine derartige Einblendung des Abbildes des Instrumentes in ein die tatsächliche Lage und Form eines Körperteils oder Organs darstellendes 3D-Bild stellt somit aufgrund ihrer hohen Übereinstimmung mit den real am Operationssitus vorherrschenden Verhältnissen für einen Chirurgen eine wirkungsvolle und zuverlässige Unterstützung bei operativen Eingriffen an Patienten dar, insbesondere wenn dem Chirurgen der Blick auf das patientenseitige Ende des Instrumentes, beispielsweise weil das Instrument in Gewebe eingedrungen ist, verwehrt ist. Unter der Einblendung eines Abbildes eines Instrumentes wird dabei nicht notwendigerweise eine originalgetreue Abbildung des Instrumentes verstanden. Vielmehr kann die Abbildung des Instrumentes nur schematisch sein, wobei zumindest die relevanten äußeren Abmessungen des Instrumentes erkennbar sind. Als Navigationssystem zur Bestimmung der Lage und der Orientierung eines Instrumentes sind magnetische oder optische Navigationssysteme geeignet, wie sie beispielsweise von der Firma Radionics vertrieben werden.

Nach einer Variante der Erfindung umfaßt das Bildgebungssystem ein C-Bogen-Röntgengerät, welches vorzugsweise verfahrbar ausgeführt ist. Auf diese Weise kann das C-Bogen-Röntgengerät bei Bedarf einfach und schnell zum Zweck der Navigation an einen Patienten herangefahren und falls nicht mehr erforderlich wieder entfernt werden, um Bewegungsraum für das OP-Team zu schaffen.

Eine besonders bevorzugte Ausführungsform der Erfindung sieht vor, daß die Position des Bildgebungssystems, also dessen Lage und Orientierung, gleichzeitig mit der Position des in ein mit dem Bildgebungssystem gewonnenes Bild einzublendenden Instrumentes erfaßbar ist. Gemäß einer Variante der Erfindung wird gleichzeitig auch die Position einer Patientenliege erfaßt, auf welcher ein Patient während des operativen Eingriffs gelagert ist. Vorzugsweise erfolgt die Ermittlung der Positionen des Instrumentes, des Bildgebungssystems und der Patientenliege mit dem Navigationssystem. Auf diese Weise wird die Einblendung eines Abbildes eines Instrumentes in ein mit dem Bildgebungssystem gewonnenes Bild erleichtert, da nach einer anfangs notwendigen Registrierungsprozedur zur Bestimmung der Ausgangslage des im Bild darzustellenden Instrumentes relativ zum Operationssitus, die Registrierung des Instrumentes bei Bewegungen des Instrumentes bzw. Verstellungen des Bildgebungssystems oder der Patientenliege nicht mehr wiederholt werden muß, sondern die Lage und Orientierung des Instrumentes aufgrund der gleichzeitigen Erfassung der Positionen des Instrumentes, des Bildgebungssystems und der Patientenliege online berechnet und entsprechend eingeblendet werden kann. Mit dem medizinischen System sind also zur Unterstützung operativer Eingriffe mit Abbildern von Instrumenten versehene 3D-Bilder online erzeugbar, welche Positionsveränderungen des Instrumentes, des Bildgebungssystem und/oder der Patientenliege berücksichtigen. Die 3D-Bilder sind dabei auch kontinuierlich erzeugbar.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der beigefügten schematischen Zeichnungen dargestellt, welche ein erfindungsgemäßen medizinischen Systems mit einem Bildgebungssystem und einem Navigationssystem zeigt.

5

Im Falle des vorliegenden Ausführungsbeispiels umfaßt das Bildgebungssystem ein C-Bogen-Röntgengerät 1 mit einem auf Rädern 2 verfahrbaren Gerätewagen 3. Das C-Bogen-Röntgengerät 1 weist eine in der FIG nur schematisch angedeutete Hubvorrichtung 4 mit einer Säule 5 auf. An der Säule 5 ist ein Halte-
10 teteil 6 angeordnet, an dem eine Haltevorrichtung 7 zur Lagerung eines C-Bogens 8 angeordnet ist. Am C-Bogen 8 sind einander gegenüberliegend ein Röntgenstrahler 9 und ein Röntgenstrahlenempfänger 10 angeordnet. Im Falle des vorliegenden
15 Ausführungsbeispiels handelt es sich bei dem Röntgenstrahlenempfänger 10 um einen an sich bekannten Festkörperdetektor. Der Röntgenstrahlenempfänger kann jedoch auch ein Röntgenbildverstärker sein, wobei der Festkörperdetektor gegenüber dem Röntgenbildverstärker den Vorteil besitzt, daß er
20 geometrisch verzerrungsfreie Röntgenbilder liefert. Die mit dem Festkörperdetektor gewonnenen Röntgenbilder können in an sich bekannter Weise auf einer Anzeigeeinrichtung 11 dargestellt werden.

25 Das in der FIG gezeigte C-Bogen-Röntgengerät 1 zeichnet sich dadurch aus, daß mit ihm 3D-Röntgenbilder vom Körper bzw. von Körperteilen eines auf einer vertikal und horizontal verstellbaren Patientenliege 12 gelagerten Patienten P angefertigt werden können. Zur 3D-Bildgebung ist ein im Falle des
30 vorliegenden Ausführungsbeispiels im Gerätewagen 3 des C-Bogen-Röntgengerätes 1 angeordneter, in nicht dargestellter Weise mit dem Festkörperdetektor 10 und der Anzeigeeinheit 11 verbundener Bildrechner 13 vorhanden. Der Bildrechner 13 rekonstruiert in an sich bekannter Weise aus 2D-Projektionen,
35 welche bei einer Verstellung des C-Bogens 8, beispielsweise längs seines Umfanges, um ein in einem Bild darzustellendes

Körperteil des Patienten P gewonnen werden, 3D-Bilder von dem darzustellenden Körperteil.

Mit Hilfe des Navigationssystems des medizinischen Systems
5 können während der Operation des Patienten P von einem in der
FIG nicht dargestellten Chirurgen verwendete Instrumente als
Abbild in während der Operation angefertigte 3D-Bilder vom
Körper des Patienten P eingeblendet werden. Auf diese Weise
erhält der Chirurg eine wirkungsvolle und zuverlässige Unter-
10 stützung bei dem operativen Eingriff. Dies ist vor allem dann
von Vorteil, wenn dem Chirurgen beispielsweise beim Eindrin-
gen des Instrumentes in Körpergewebe des Patienten P der
Blick auf das patientenseitige, in das Körpergewebe einge-
drungene Ende des Instrumentes verwehrt ist und keine Klar-
15 heit darüber besteht, wie weit das Instrument bereits in den
Körper des Patienten eingedrungen bzw. wie die Lage des In-
struments relativ zu einem Organ des Patienten P ist. In ei-
nem solchen Fall kann der Chirurg anhand der Einblendung des
Abbildes des Instrumentes in ein vom Körper bzw. einem Kör-
20 perteil des Patienten P gewonnenen 3D-Bildes die Lage und
Orientierung des Instrumentes erkennen und das Instrument
entsprechend navigieren. Um ein Instrument genau anhand der
Bildinformationen navigieren zu können, sind exakte Bilder
des realen Operationssitus erforderlich, welche erfindungsge-
25 mäß durch die Gewinnung von 3D-Bildern während der Operation
erhalten werden.

Die Bestimmung der Lage und der Orientierung des Instruments
relativ zu dem Operationssitus erfolgt im Falle des vorlie-
30 genden Ausführungsbeispiels mit einem optischen Navigations-
system. Das Navigationssystem umfaßt Kameras 14, 15 und Refe-
renzelemente 16 bis 18, welche an hinsichtlich ihrer Position
zu erfassenden Instrumenten oder Objekten angeordnet sind und
von den Kameras 14, 15 aufgenommen werden. Ein Rechner 19 des
35 Navigationssystems wertet die mit den Kameras 14, 15 aufge-
nommenen Bilder aus und kann anhand der aufgenommenen Refe-
renzelemente 16 bis 18 die Positionen, d. h. die Lagen und

Orientierungen der Referenzelemente 16 bis 18 und somit der Instrumente bzw. Objekte im Raum ermitteln.

Im Falle des vorliegenden Ausführungsbeispiels ist das Referenzelement 16 an einem medizinischen Instrument 20, das Referenzelement 17 am C-Bogen-Röntgengerät 1 und das Referenzelement 18 an der Patientenliege 12 angeordnet. Auf diese Weise kann der Rechner 19 anhand der gewonnenen Kamerabilder jeweils die aktuellen Positionen des Instrumentes 20, des C-Bogen-Röntgengerätes 1 und der Patientenliege 12 ermitteln. Der Rechner 19, welcher in nicht dargestellter Weise mit dem Bildrechner 13 verbunden ist, stellt dem Bildrechner 13 jeweils die Daten über die aktuellen Positionen des Instrumentes 20, des C-Bogen-Röntgengerätes 1 und der Patientenliege 12 zur Verfügung, so daß der Bildrechner 13 jeweils die exakte Lage und Orientierung des Instrumentes 20 relativ zum Operationssitus ermitteln und das Abbild des Instrumentes 20 in ein mit dem C-Bogen-Röntgengerät 1 während der Operation gewonnenes 3D-Bild einblenden kann. Zu Beginn der Einblendung des Abbildes des Instrumentes 20 ist in der Regel eine Registrierungsprozedur erforderlich, bei der die Ausgangslage des Instrumentes 20 relativ zum Operationssitus sowie die Positionen des C-Bogen-Röntgengerätes 1 und der Patientenliege 12 erfaßt werden. Alle weiteren Bewegungen des Instrumentes 20, des C-Bogen-Röntgengerätes 1 und der Patientenliege 12 werden über die Kameras 14, 15 und den Rechner 19 gleichzeitig und kontinuierlich erfaßt. Änderungen der Positionen des Instrumentes 20, des C-Bogen-Röntgengerätes 1 oder der Patientenliege 12 stehen dem Bildrechner 13 somit quasi unmittelbar zur Verfügung, so daß dieser die Einblendung des Abbildes des Instrumentes 20 in ein mit dem C-Bogen-Röntgengerät 1 gewonnenes 3D-Bild der veränderten Situation entsprechend online anpassen kann. Auf diese Weise sind nicht nur statische, sondern auch kontinuierlich aufeinanderfolgende, mit der Einblendung des Abbildes des Instrumentes 20 versehene 3D-Bilder erzeugbar.

In der FIG ist eine derartige Einblendung eines Abbildes 21 des Instrumentes 20 in ein 3D-Bild exemplarisch dargestellt.

5 Als Navigationssystem muß im Falle des vorliegenden Ausführungsbeispiels nicht notwendigerweise ein optisches Navigationssystem zum Einsatz kommen. Vielmehr sind in Abhängigkeit vom verwendeten Bildgebungssystem auch magnetische Navigationssysteme zur Bestimmung der Positionen von Instrumenten, Bildgebungssystem und Patientenliege geeignet.

10

Die Positionen des Instrumentes, des Bildgebungssystems und der Patientenliege müssen im übrigen nicht gleichzeitig erfaßt werden. Eine nahezu gleichzeitige Erfassung ist jedoch dann erforderlich, wenn nach Veränderungen der Positionen des Instrumentes, des Bildgebungssystems oder der Patientenliege das Abbild des Instrumentes online in gewonnen 3D-Bilder ein-
15 geblendet werden soll.

Die Ermittlung der Positionen des Bildgebungssystems und der Patientenliege muß nicht durch das Navigationssystem erfolgen. Vielmehr können die Positionen auch durch andere geeignete Mittel zur Positionserfassung, welche beispielsweise auf Basis signaltragender Wellen arbeiten, ermittelt werden.
20

Patentansprüche

1. Medizinisches System mit einem Bildgebungssystem (1) zur Gewinnung von Bildern vom Körper eines Patienten (P), mit einem Navigationssystem (14 bis 19) zur Bestimmung der Position eines medizinisches Instrumentes (20) relativ zum Körper des Patienten (P) und mit Mitteln (13) zur Einblendung eines Abbildes (21) des Instrumentes (20) in ein mit dem Bildgebungssystem (1) gewonnenes Bild zur Unterstützung operativer Eingriffe, wobei mit dem Bildgebungssystem (1) 3D-Bilder während einer Operation gewonnen werden können, in welche das Abbild (21) des Instrumentes (20) einblendbar ist.
2. Medizinisches System nach Anspruch 1, bei dem das Bildgebungssystem ein C-Bogen-Röntgengerät (1) umfaßt.
3. Medizinisches System nach einem der Ansprüche 1 oder 2, bei dem die Position des Bildgebungssystems (1) gleichzeitig mit der Position des Instrumentes (20) erfaßbar ist.
4. Medizinisches System nach Anspruch 3, welches eine Patientenliege (12) umfaßt, wobei die Position der Patientenliege (12) gleichzeitig mit den Positionen des Bildgebungssystems (1) und des Instrumentes (20) erfaßbar ist.

Zusammenfassung

Medizinisches System mit einem Bildgebungs- und einem Navigationssystem

5

Die Erfindung betrifft ein medizinisches System mit einem Bildgebungssystem (1) zur Gewinnung von Bildern vom Körper eines Patienten (P), mit einem Navigationssystem (14 bis 19) zur Bestimmung der Position eines medizinisches Instrumentes

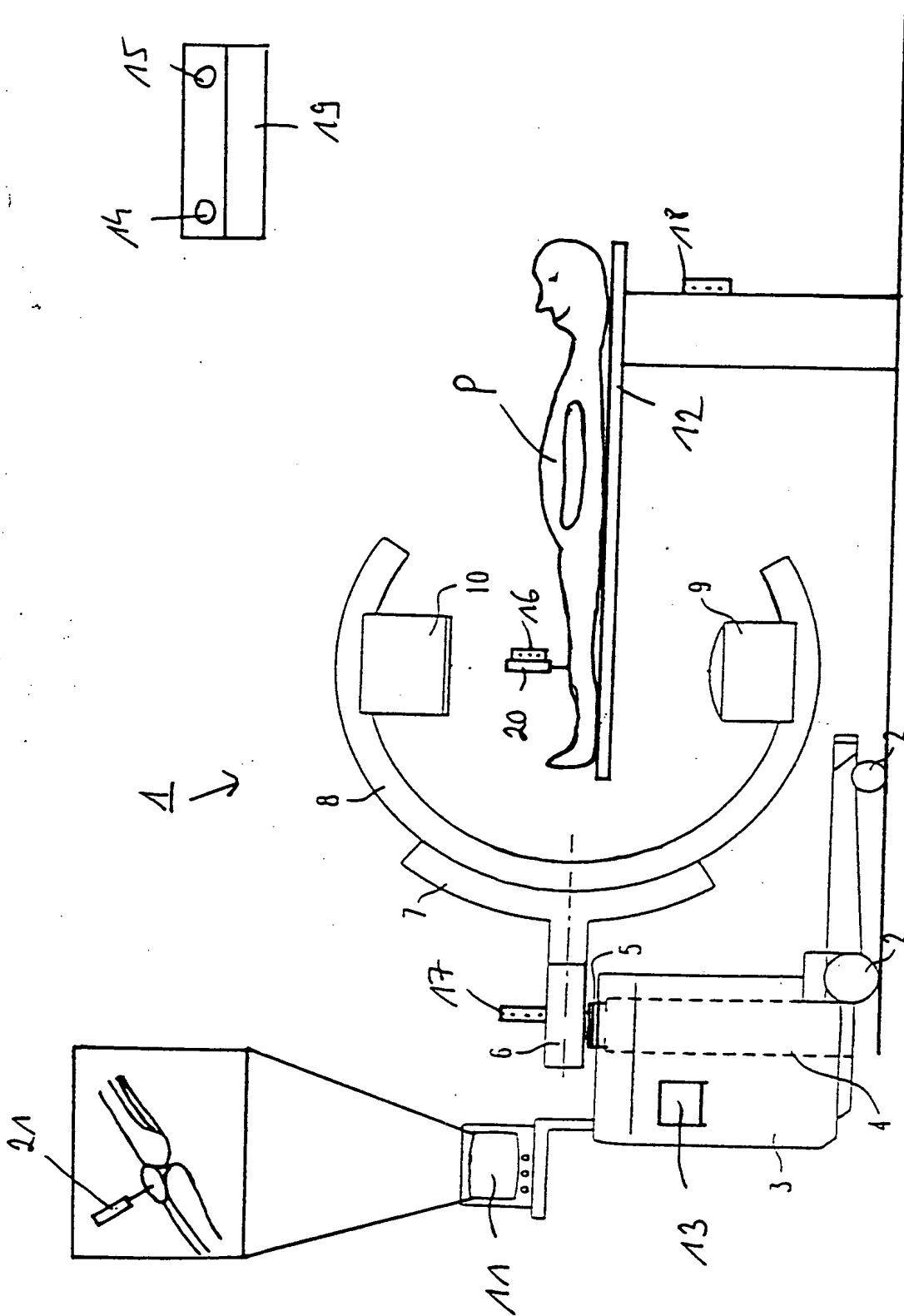
10

(20) relativ zum Körper des Patienten und mit Mitteln zur Einblendung eines Abbildes (21) des Instrumentes (20) in ein mit dem Bildgebungssystem (1) gewonnenes Bild zur Unterstützung operativer Eingriffe. Mit dem Bildgebungssystem werden während des operativen Eingriffes 3D-Bilder gewonnen, in welche das Abbild (21) des Instrumentes (20) einblendbar ist.

15

FIG 1

111



FIG